

**EVALUASI KEAMANAN PADA SISTEM PENTANAHAN GARDU INDUK 150 KV
NGAWI**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

WIRATAMA BIMBY ANDESITO

D 400 140 043

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2018**

HALAMAN PERSETUJUAN

**EVALUASI KEAMANAN PADA SISTEM PENTANAHAN GARDU INDUK
150 KV NGAWI**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

WIRATAMA BIMBY ANDESITO

D400140043

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Agus Supardi, S.T., M.T

NIK.883

HALAMAN PENGESAHAN

**EVALUASI KEAMANAN PADA SISTEM PENTANAHAN GARDU INDUK
150 KV NGAWI**

OLEH

WIRATAMA BIMBY ANDESITO

D400140043

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Selasa, 30 Januari 2018
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji:

1. Agus Supardi, S.T.M.T.

(Ketua Dewan Penguji)

(.....)

2. Aris Budiman, S.T.M.T.

(Anggota I Dewan Penguji)

(.....)

3. Ir. Jatmiko, M.T.

(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)



Dekan,

Ir. Saiful Huda, M.T., Ph.D.

NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 30 Januari. 2018

Penulis



WIRATAMA GIMBY ANDESITO

D400140043

EVALUASI KEAMANAN PADA SISTEM PENTANAHAN GARDU INDUK 150 KV NGAWI

Abstrak

Sistem pentanahan merupakan sistem hubungan penghantar yang menggabungkan perangkat-perangkat kelistrikan, peralatan dan instalasi dengan tanah sehingga dapat melindungi bahaya arus yang dapat merusak peralatan-peralatan instalasi dan membahayakan keselamatan manusia. Pentanahan merupakan salah satu elektroda yang ditanam di bumi. Tujuannya untuk melindungi tenaga kerja atau orang yang berada di sekitar gardu induk maupun peralatan-peralatan yang terpasang diharapkan dengan satu metode pentanahan ini dapat menangkal bahaya-bahaya ketika terjadi gangguan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini berupa studi literatur untuk menambah pendalaman materi dan pemahaman terkait judul penelitian, pengambilan data dari sistem pentanahan di Gardu Induk 150 KV Ngawi dan selanjutnya melakukan perhitungan matematis secara manual. Hasil dari penelitian ini dapat diketahui bahwa hasil resistansi pentanahan di Gardu Induk 150 KV Ngawi selama kurun waktu 2017 adalah sebesar $\leq 1 \Omega$ hal ini memenuhi mutu kriteria keamanan untuk resistansi pentanahan dan dalam penelitian ini dapat juga mengetahui selisih dari tegangan sentuh maksimum yang diizinkan sebesar 1430 volt, tegangan sentuh maksimum yang sebenarnya sebesar 134 volt. Tegangan langkah yang diizinkan sebesar 4940 volt, tegangan langkah yang sebenarnya sebesar 153 volt dan tegangan pindah sebesar 3833.5 volt.

Kata Kunci: pentanahan, gardu induk, tenaga listrik.

Abstract

Grounding system is a system of conducting hyphen to incorporate electrical devices, equipment and installation with the ground so that it can protect the dangers of current that can damage equipment installations and harm the salvation of mankind. It is one of the grounding electrodes planted on Earth. His goal was to protect the workforce or those who were around the stem or substation equipment installed is expected with one grounding method this can ward off dangers when there is interference. The methods used in this research in the form of study literature to add to deepening understanding of the material and the associated title research, data retrieval from the grounding system in Substations 150 KV Parent Paths and doing mathematical calculations manually. The results of this research can be known that grounding resistance results in Stem 150 KV Substation and the paths for the 2017 is $\leq 1 \Omega$ this meets the quality criteria of security for grounding and resistance in this research can also find out the difference of touch voltages the maximum allowed of 1430 volts, touch the actual maximum voltage of 134 volts. The allowable voltage step of 4940 volt, voltage step that actually amounted to 153 volts voltage and move of 3833.5 volts.

Keywords: grounding, mains substation, electrical power

1. PENDAHULUAN

Listrik adalah sumber tenaga paling utama yang dibutuhkan manusia untuk mencukupi kebutuhan kehidupannya. Pada zaman yang semakin maju maka kebutuhan akan sumber energi listrik otomatis akan terus meningkat dari tahun ke tahun, sehingga pihak penyedia tenaga listrik dituntut untuk dapat memenuhi kebutuhan manusia akan tenaga listrik (Jaelani, 2013).

Sistem pentanahan merupakan sistem hubungan penghantar yang menggabungkan perangkat-perangkat kelistrikan, peralatan dan instalasi dengan tanah sehingga dapat melindungi bahaya arus yang dapat merusak peralatan-peralatan instalasi dan membahayakan keselamatan manusia, jadi sistem pentanahan merupakan bagian penting dalam sistem tenaga listrik. Gardu induk adalah sebuah sistem dari tenaga listrik yang memiliki fungsi utama untuk mendistribusikan aliran daya listrik dari saluran transmisi ke saluran transmisi lainnya dan kemudian disalurkan ke konsumen. Jika dikaitkan terhadap sistem keandalan maka pelayanan dari sistem tenaga listrik harus sanggup melindungi dengan baik peralatan-peralatan instalasi yang dipasang maupun bagi keselamatan makhluk hidup yang ada di area gardu induk tersebut.

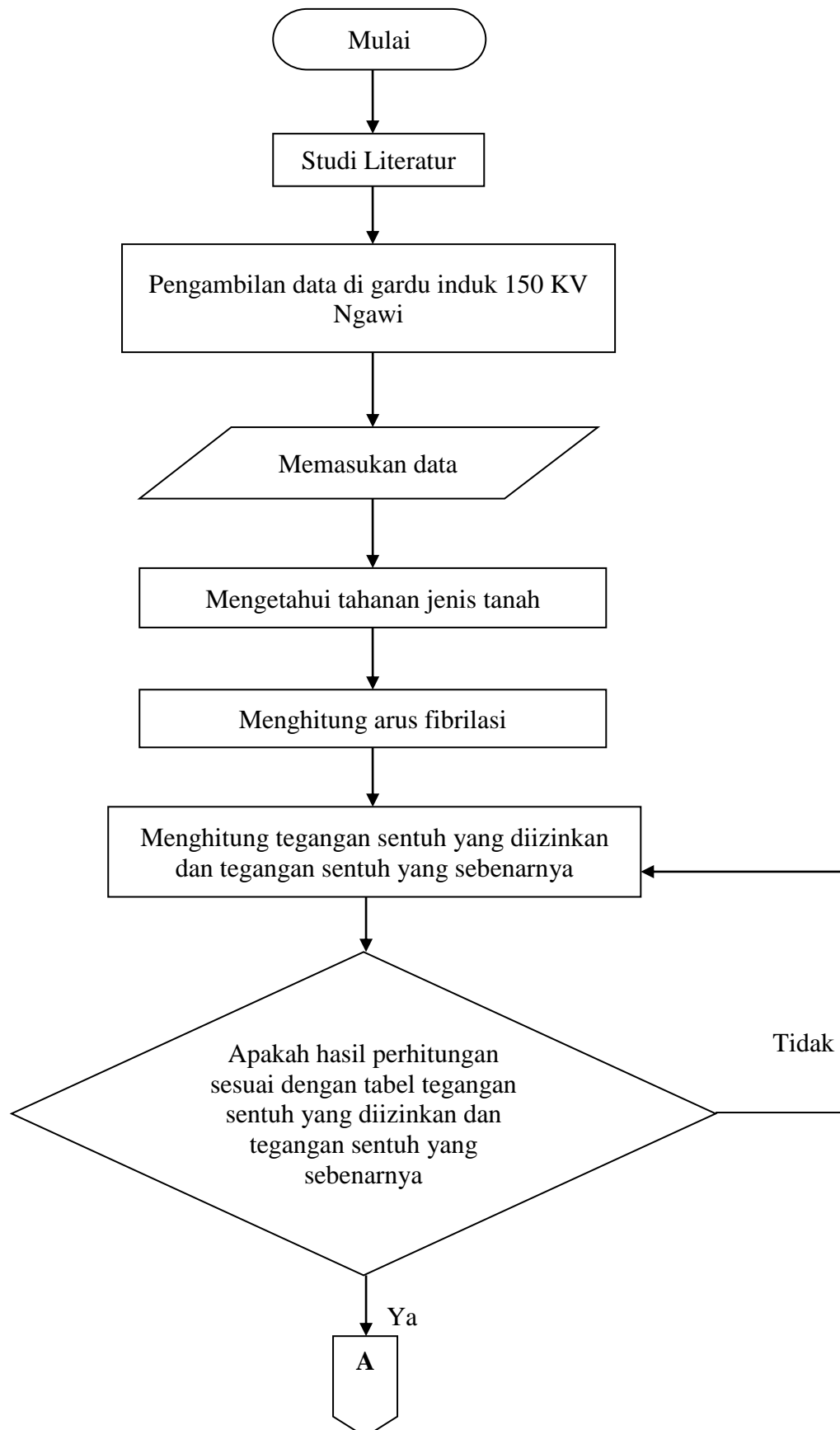
Pentanahan merupakan salah satu elektroda yang ditanam di bumi. Tujuannya untuk melindungi tenaga kerja atau orang yang berada di sekitar gardu induk maupun perlindungan terhadap beberapa objek yaitu bangunan, peralatan-peralatan yang terpasang (Suryamto, Taufik, Abdul kudas, 2015). Diharapkan dengan satu metode pentanahan ini dapat menangkal bahaya-bahaya ketika terjadi gangguan. dimana arus gangguan yang mengalir ke bagian peralatan dan ke piranti pentanahan dapat diketanahkan.

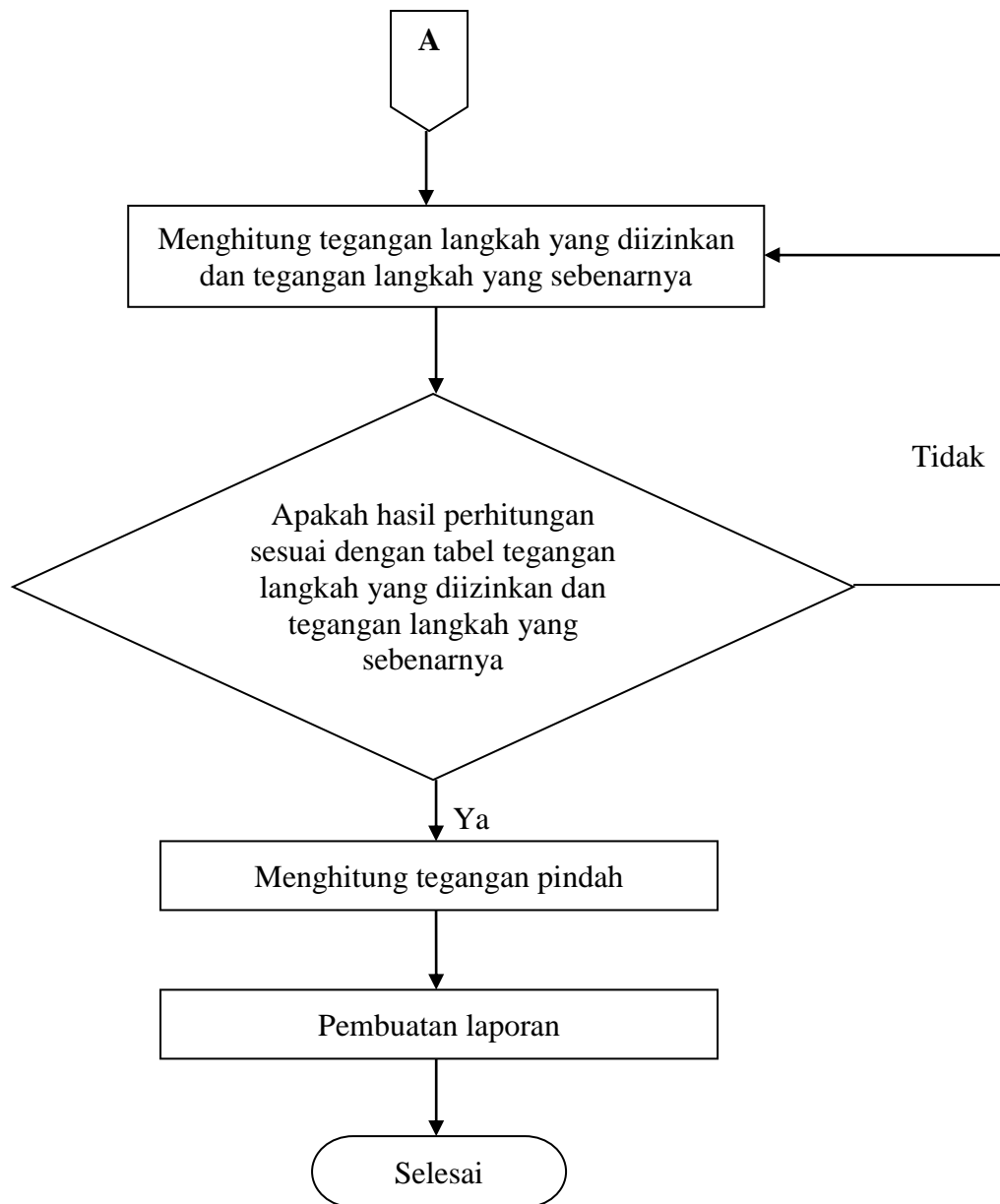
Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah penulis ingin mengetahui berapa nilai tegangan sentuh, tegangan langkah dan tegangan pindah di gardu induk 150 KV Ngawi yang sangat membahayakan bagi keselamatan tenaga kerja atau orang yang berada di gardu induk maupun peralatan-peralatan yang terpasang.

2. METODE

Dalam penelitian tugas akhir ini penulis melakukan metode berupa studi literatur untuk menambah pendalaman materi dan pemahaman terkait judul penelitian berupa buku, karya ilmiah dan referensi lainnya yang bersangkutan dengan materi keamanan sistem pentanahan di gardu induk. Setelah itu dilakukan pengambilan data-data dari sistem pentanahan di gardu induk 150 KV Ngawi. Sesudah semua data yang diperlukan terkumpul maka tahap selanjutnya yaitu pengolahan data berupa mengetahui resistansi jenis tanah, perhitungan arus fibrilasi, tegangan sentuh maksimum yang

diizinkan, tegangan sentuh maksimum yang sebenarnya, tegangan langkah yang diizinkan, tegangan langkah yang sebenarnya dan tegangan pindah.





Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gardu induk 150 KV Ngawi sendiri menggunakan sistem pentanahan dalam bentuk *mesh* atau jala yaitu pentanahan dengan cara memasang kawat elektroda membujur dan melintang di bawah tanah yang satu sama lain dihubungkan di setiap tempat sehingga membentuk jala. Konduktor pentanahan menggunakan jenis konduktor batang yang terbuat dari tembaga, *galvanised steel* atau *stainless steel* dan dalam pemasangan konduktor dilakukan dengan cara dimasukkan secara vertikal ke dalam tanah dengan panjang yang disesuaikan terhadap tahanan pentanahan yang dibutuhkan (Syofian, 2013). Gardu induk 150 KV Ngawi konduktornya ditanam sedalam 100 cm.

Kisi-kisi pentanahan terhubung satu sama lainnya dan dihubungkan dengan batang pentanahan yang terdiri dari batang tembaga dengan diameter 33 mm. Hasil pengukuran dari resistansi pentanahan di gardu induk 150 KV Ngawi yaitu ≤ 1 ohm selama kurang waktu tahun 2017.

3.1 Jenis Tanah

Kondisi struktur serta jenis tanah yang berbeda pada area sekitar gardu induk menimbulkan adanya perbedaan tahanan jenis terhadap jenis tanah yang berbeda menurut PUIL 2000 (Janardana, 2005). Untuk jenis tanah yang terdapat di gardu induk 150 KV Ngawi berupa jenis tanah liat dan ladang yang mempunyai tahanan jenis rata-rata sebesar $100 \Omega\text{-m}$, sedangkan jenis tanah berbatu memiliki tahanan jenis paling tinggi sebesar $3000 \Omega\text{-m}$ (Rahmadhani & Ervianto, 2017).

Tabel 1. Tahanan Jenis Tanah

No	Jenis tanah yang digunakan	Tahanan jenis tanah ($\Omega\text{-m}$)
1	Tanah rawa	30
2	Tanah liat dan tanah ladang	100
3	Pasir basah	200
4	Kerikil basah	500
5	Tanah pasir dan kerikil kering	1000
6	Tanah berbatu	3000

3.2 Arus Fibrilasi

Arus fibrilasi adalah sebuah arus yang melalui tubuh manusia dan dapat membahayakan bila arus tersebut mempengaruhi otot manusia karena dapat mengakibatkan manusia menjadi pingsan atau mati.

3.2.1 Perhitungan Arus Fibrilasi

Rumus dari arus fibrilasi adalah sebagai berikut.

$$I_k = \frac{k}{\sqrt{t}} \quad (1)$$

Keterangan :

I_k : Besar arus yang melewati manusia (A)

k : 0.116 A untuk berat badan 50 kg

t : Lama gangguan tanah (0.2 s)

Berdasarkan persamaan (1) maka I_k dapat dihitung :

$$I_k = \frac{0.116}{\sqrt{0.2 \text{ s}}} = 0.26 \text{ A}$$

Berdasarkan perhitungan di atas maka dapat diketahui arus fibrilasinya sebesar 0.26 A

3.3 Arus Gangguan

Besar arus gangguan tanah maksimum yaitu berdasarkan *interrupting rating* (nilai pemutusan) dari peralatan pentanahan di gardu induk. Untuk tegangan 150 KV besar arus gangguan tanahnya diambil sebesar 80% dari arus hubung singkat tiga fasa. Data arus hubung singkat tiga fasa di gardu induk 150 KV Ngawi adalah sebesar 5508 A. Dengan demikian arus gangguan tanahnya adalah sebagai berikut:

$I =$

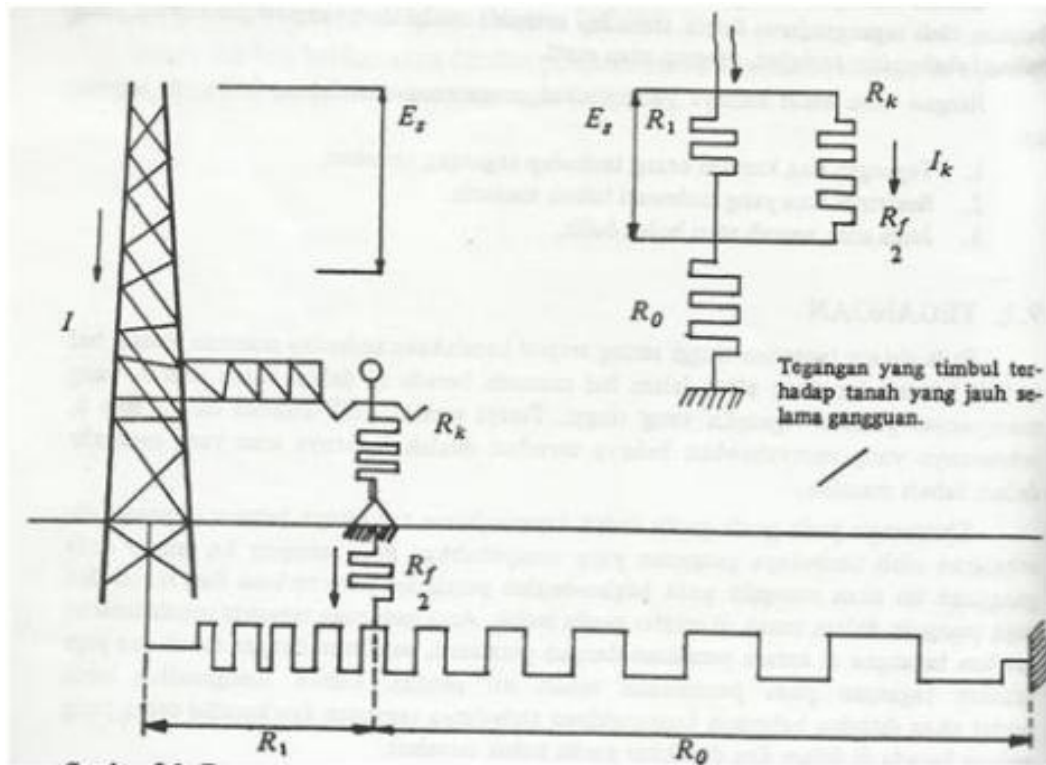
$$80\% \times \text{ arus hubung singkat tiga fasa} \quad (2)$$

$$I = 80 \% \times 5508 \text{ A} = 4406.4 \text{ A}$$

Berdasarkan perhitungan di atas maka dapat diketahui arus gangguan tanahnya sebesar 4406.4 A

3.4 Tegangan Sentuh

Tegangan sentuh (*contact voltage*) adalah tegangan yang timbul ketika seseorang memegang sebuah benda atau konduktor yang sedang dialiri oleh arus dimana orang tersebut juga terhubung langsung ke tanah. Tegangan sentuh dibagi menjadi 2 yakni tegangan sentuh maksimum yang diizinkan dan tegangan sentuh maksimum yang sebenarnya.



Gambar 2. Tegangan sentuh dengan rangkaian penggantinya.

3.4.1 Perhitungan Tegangan Sentuh Maksimum Yang Diizinkan

Rumus dari tegangan sentuh maksimum yang diizinkan adalah sebagai berikut.

$$E_s = I_k (R_k + 1.5 \rho_s) \quad (3)$$

Keterangan :

E_s : Tegangan sentuh (V)

I_k : Arus Fibrilasi (0.26 A)

R_k : Tahanan badan manusia (1000 Ω)

ρ_s : Tahanan kontak ke tanah dari satu kaki yang diberi lapisan koral (3000 Ω)

Berdasarkan persamaan (3) maka E_s dapat dihitung:

$$E_s = 0.26 \text{ A } (1000 \Omega + 1.5 (3000\Omega)) = 1430 \text{ V}$$

Berdasarkan ketentuan tabel 2 dengan lama waktu gangguan 0.2 detik tegangan sentuh maksimum yang diizinkan di gardu induk 150 KV Ngawi yaitu sebesar 1400 V, sedangkan dari hasil perhitungan nilai tegangan sentuh maksimum yang diizinkan lebih besar yaitu sebesar 1430 V, hal ini menunjukkan bahwa tegangan sentuh maksimum yang diizinkan cukup aman bagi pekerja atau manusia yang berada di sekitar gardu induk.

Tabel 2. Tegangan sentuh maksimum yang diizinkan dan lama gangguan.

No	Lama waktu Gangguan (Detik)	Tegangan sentuh maksimal yang diizinkan (Volt)
1	0.1	1940
2	0.2	1400
3	0.3	1140
4	0.4	990
5	0.5	890
6	1.0	626
7	2.0	443
8	3.0	362

3.4.2 Perhitungan Tegangan Langkah Yang Sebenarnya

Rumus dari tegangan sentuh maksimum yang sebenarnya adalah sebagai berikut.

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{D^2}{16hd} + \frac{1}{n} \ln \left\{ \frac{3}{4} \times \frac{5}{6} \times \frac{7}{8} \times \dots \times 2^{\frac{(n-2)+1}{(n-2)+2}} \right\} \quad (4)$$

Keterangan :

n : 22

$K_i : 0.65 + 0.172 n = 4.434$

D : Sela antar konduktor-konduktor paralel (4 m)

ρ : Tahanan jenis tanah liat (100 Ω -m)

d : Diameter tembaga (0.33 m)

h : Kedalaman penanaman konduktor (1 m)

I = Arus gangguan (4406.4 A)

L = Total panjang konduktor yang ditaman ke dalam tanah, termasuk batang pengetanahan (2500 m)

Berdasarkan persamaan (4) maka K_M dapat diperoleh hasilnya sebesar 0.171

$$E_m = K_M \times K_i \rho_i / L \quad (5)$$

Berdasarkan persamaan (5) maka E_m dapat dihitung:

$$E_m = (0.171 \times 4.434 \text{ A}) \left(\frac{100 \Omega\text{-m} \times 4406.4 \text{ A}}{2500 \text{ m}} \right) = 134 \text{ V}$$

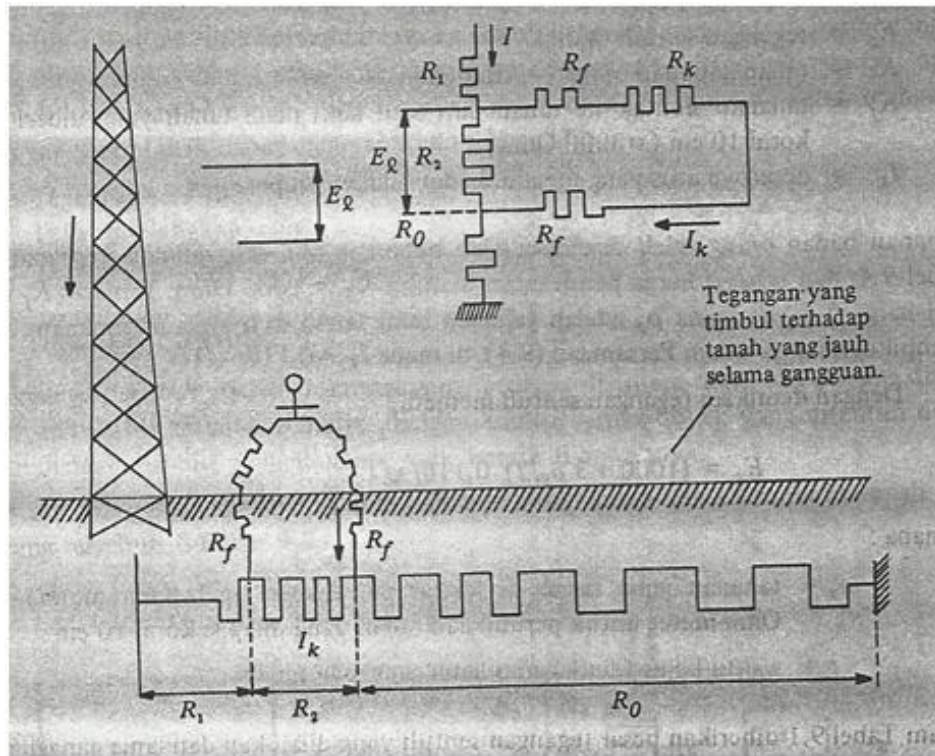
Berdasarkan ketentuan tabel 3 dengan lama waktu gangguan 0.2 detik tegangan sentuh maksimum yang sebenarnya di gardu induk 150 KV Ngawi yaitu sebesar 110 V, sedangkan dari hasil perhitungan nilai tegangan sentuh maksimum yang sebenarnya lebih besar yaitu sebesar 134 V, hal ini menunjukkan bahwa tegangan sentuh maksimum yang sebenarnya cukup aman bagi pekerja atau manusia yang berada di sekitar gardu induk.

Tabel 3. Tegangan sentuh maksimum yang sebenarnya dan lama gangguan.

No	Lama waktu gangguan (Detik)	Tegangan sentuh maksimum yang sebenarnya (Volt)
1	5.0	50
2	1.0	75
3	0.5	90
4	0.2	110
5	0.1	150
6	0.05	220
7	0.03	280

3.5 Tegangan Langkah

Tegangan langkah yaitu tegangan yang muncul di sela-sela dua kaki manusia ketika berdiri di atas permukaan tanah dan tiba-tiba dari jarak tertentu ada aliran arus gangguan hubung ke tanah. Tegangan langkah dibagi menjadi 2 yakni tegangan langkah yang diizinkan dan tegangan langkah yang sebenarnya.



Gambar 3. Tegangan langkah dengan peralatan yang diketanahkan

3.5.1 Perhitungan Tegangan Langkah Yang Diizinkan

Rumus dari tegangan langkah yang diizinkan adalah sebagai berikut.

$$E_l = I_k (R_k + 6 \rho_s) \quad (6)$$

Keterangan :

I_k : Arus Febrilasi (0.26 A)

R_k : Tahanan badan manusia (1000 Ω)

ρ_s : Tahanan kontak ke tanah dari satu kaki yang diberi lapisan koral (3000 Ω)

Berdasarkan persamaan (6) maka E_l dapat dihitung:

$$E_l = 0.26 \text{ A } (1000 \Omega + 6.(3000 \Omega)) = 4940 \text{ V}$$

Berdasarkan ketentuan tabel 4 dengan lama waktu gangguan 0.2 detik tegangan langkah yang diizinkan di gardu induk 150 KV Ngawi yaitu sebesar 4950 V, sedangkan dari hasil perhitungan nilai tegangan sentuh maksimum yang sebenarnya lebih kecil yaitu sebesar 4940 V, hal ini menunjukkan bahwa tegangan langkah yang diizinkan cukup aman bagi pekerja atau manusia yang berada di sekitar gardu induk.

Tabel 4. Tegangan langkah yang diizinkan dan lama gangguan.

No	Lama waktu Gangguan (Detik)	Tegangan langkah yang diizinkan (Volt)
1	0.1	7000
2	0.2	4950
3	0.3	4040
4	0.4	3500
5	0.5	3140
6	1.0	2216
7	2.0	1560
8	3.0	1280

3.5.2 Perhitungan Tegangan Langkah Yang Sebenarnya

Rumus dari tegangan langkah yang sebenarnya adalah sebagai berikut.

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left(\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{2D} + \frac{1}{3D} + \dots + \frac{1}{(n-1)D} \right) \quad (7)$$

Keterangan :

ρ : Tahanan jenis tanah liat (100 Ω -m)

K_i : $0.65 + 0.172n = 4.434$

I : Arus gangguan (4406.4 A)

L : Total panjang konduktor yang ditaman, termasuk batang pengetanahan (2500 m)

D : Sela antar konduktor-konduktor paralel (4 m)

h : Kedalaman penanaman konduktor (1 m)

Berdasarkan persamaan (7) maka K_s dapat diperoleh hasilnya sebesar 0.255

$$E_{lm} = K_s \cdot K_i \cdot \rho \quad (8)$$

Berdasarkan persamaan (8) maka E_{lm} dapat dihitung:

$$E_{lm} = 0.255 \times 4.434 \times 100 \times (4406.4 \text{ A} / 2500 \text{ m}) = 153 \text{ V}$$

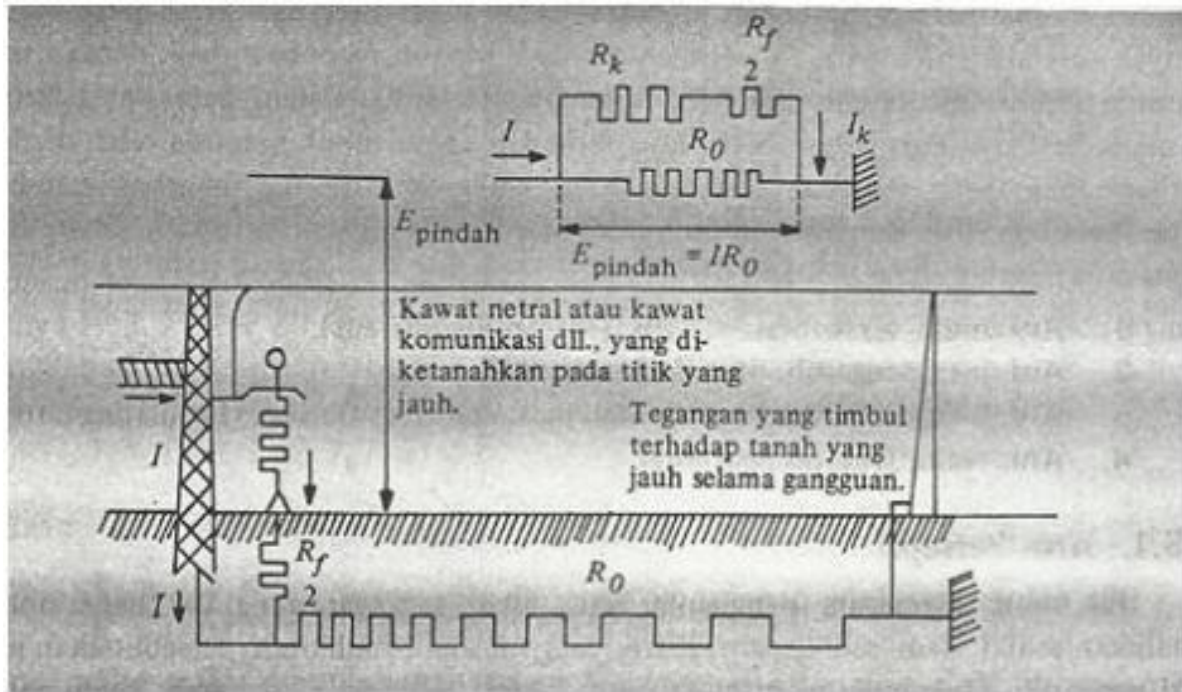
Berdasarkan ketentuan tabel 5 dengan lama waktu gangguan 0.2 detik tegangan langkah yang sebenarnya di gardu induk 150 KV Ngawi yaitu sebesar 110 V, sedangkan dari hasil perhitungan nilai tegangan tegangan langkah yang sebenarnya lebih besar yaitu sebesar 153 V, hal ini menunjukkan bahwa tegangan langkah yang sebenarnya masih belum berbahaya bagi pekerja atau manusia yang berada di sekitar gardu induk.

Tabel 5. Tegangan langkah yang sebenarnya dan lama gangguan.

No	Lama waktu gangguan (Detik)	Tegangan langkah yang sebenarnya (Volt)
1	5.0	50
2	1.0	75
3	0.5	90
4	0.2	110
5	0.1	150
6	0.05	220
7	0.03	280

3.6 Tegangan Pindah

Tegangan pindah adalah tegangan ini terjadi pada saat seseorang menyentuh peralatan-peralatan yang diketanahkan pada titik tertentu sedangkan alat tersebut sedang dialiri oleh arus gangguan ke tanah.



Gambar 4. Tegangan pindah dengan rangkaian penggantinya.

3.6.1 Perhitungan Tegangan pindah

Rumus dari tegangan pindah adalah sebagai berikut.

$$R_o = \frac{\rho}{4r} \times \frac{\rho}{L} \quad (9)$$

Keterangan :

R_o : Tahanan kontak hubung tanah yang teraliri oleh tegangan sewaktu timbul gangguan (Ω)

ρ : Tahanan jenis tanah liat ($100 \Omega\text{-m}$)

I : Arus gangguan (4406.4 A)

r : kisi-kisi ukuran dari luas di area gardu induk (30 m)

L : Total panjang konduktor yang ditaman, termasuk batang pengetanahan (2500 m)

Berdasarkan persamaan (9) maka R_o dapat dihitung sebagai berikut :

$$R_o = \frac{100 \Omega\text{-m}}{4 \times 30 \text{ m}} + \frac{100 \Omega\text{-m}}{2500 \text{ m}} = 0.87 \Omega$$

$$E_{\text{pindah}} = I \times R_o \quad (10)$$

Berdasarkan persamaan (10) maka E_{pindah} dapat dihitung sebagai berikut :

$$E_{\text{pindah}} = 4406.4 \text{ A} \times 0.87 \Omega = 3833.5 \text{ V}$$

Berdasarkan ketentuan hasil dari perhitungan persamaan (10) maka tegangan pindahnya yaitu sebesar 3833.5 V .

4.PENUTUP

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

- 1) Jenis tanah yang digunakan di Gardu Induk 150 KV Ngawi berupa tanah liat yang mempunyai tahanan jenis sebesar 100Ω .
- 2) Nilai dari hasil perhitungan tegangan sentuh maksimum yang di izinkan yaitu sebesar 1430 volt sedangkan nilai dari tegangan sentuh maksimum yang sebenarnya yaitu sebesar 134 volt.
- 3) Nilai dari hasil perhitungan tegangan langkah yang diizinkan yaitu sebesar 4940 volt sedangkan nilai dari tegangan langkah yang sebenarnya yaitu sebesar 153 volt.
- 4) Nilai dari tegangan pindah diperoleh yaitu sebesar 3833.5 volt.

PERSANTUNAN

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada pihak yang telah turut membantu hingga terselesaikannya penelitian tugas akhir ini, diantaranya sebagai berikut:

- 1) ALLAH S.W.T yang maha kuasa atas segala sesuatu-Nya yang telah memberikan segala nikmat iman, kesehatan dan kekuatan bagi penulis.
- 2) Kepada Kedua orang tua dan keluarga yang selalu memberikan semangat, doa dan motivasi sehingga penulis bisa mengerjakan tugas akhir ini.
- 3) Bapak Agus Supardi S.T.,M.T yang telah membimbing penulis hingga menyelesaikan tugas akhir ini.
- 4) Kepada teman-teman ku satu angkatan Teknik Elektro 2014 Ahmad Sidik, Agus Santoso, Amoreza Ryan, Aji Danang, Cahyo Juli, Dwi Cahyo, Dwi Ari Wibowo, Sri Krisna, Anggara Nugraha, Faris Hendrayana dan Mahadira Dewantara yang telah membantu dengan ikhlas untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Syofian, Andi. (2013). *Sistem pentanahan Grid pada gardu induk PLTU Teluk Sirih*. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi industri Institut Teknologi Padang.
- Tanjung, Abrar. *Analisis pentanahan gardu induk Bagan Batu dengan bentuk konstruksi Grid (Kisi-Kisi)*. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas teknik, Universitas Lancang kuning.
- Septia, Yoga. *Evaluasi tegangan sentuh dan tegangan langkah gardu induk(GI) 150 KV Kota Baru akibat perubahan resistivitas tanah*. Program Studi Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura.
- Rahmadhani, Citra & Ervianto, Edy. *Studi perancangan sistem pembumian gardu induk 150/20 KV di gardu induk Garuda sakti*. Jurusan Teknik Elektro, Universitas Riau
- Isyanto, Haris & Nurchosid. *Desain optimalisasi grid dan ground rod pada sistem pembumian*. Fakultas Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Jakarta.

Baldi, Gery & Al Rasyid, Harun. *Penilaian tegangan sentuh dan tegangan langkah di gardu induk konvensional dan berisolasi gas*. Puslitbangtek Ketenagalistrikan, Energi Baru, Terbarukan Dan Konservasi Energi, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan

Suyamto. Taufik & Kudus, Idrus Abdul. *Evaluasi dan perencanaan grounding untuk penangkal petir gedung siklotron*. Pusat Sains Dan Teknologi Akselerator, Badan Tenaga Nuklir Nasional, Babarsari Yogyakarta